

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung DE 103 44 376.2 über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 44 376.2

Anmeldetag: 24. September 2003

Anmelder/Inhaber: Patent-Treuhand-Gesellschaft für
elektrische Glühlampen mbH,
81543 München/DE;
Osram Opto Semiconductors GmbH,
93049 Regensburg/DE.

Bezeichnung: Grün emittierende LED

IPC: H 01 L 33/00, C 09 K 11/55, C 09 K 11/59

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der am 14. August 2003 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung, hinterlegt mit dem Prioritätsbeleg vom 16. Dezember 2003 bei der World Intellectual Property Organization.

München, den 4. November 2008
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag



**Patent-Treuhand-Gesellschaft
für elektrische Glühlampen mbH., München**

Grün emittierende LED

Technisches Gebiet

Diese Anmeldung steht in engem Zusammenhang mit folgenden Anmeldungen:

2003P14657, 2003P14656, und 2003P14655.

Die Erfindung geht aus von einer grün emittierenden LED. Unter grün emittierend wird hier insbesondere eine Emission im Bereich um 560 nm verstanden.

Stand der Technik

- 5 Üblicherweise wird eine farbig emittierende LED durch einen entsprechend angepassten Chip realisiert. Im Falle einer grünen Emission ist dies jedoch problematisch, da etablierte Techniken wie ein InGaN-Chip (blau) oder ein InGaAlP-Chip (rot) nicht eingesetzt werden können. Stattdessen müssen Sonderlösungen verwendet werden. Beispiele für derartige Sonderlösungen sind in EP 584 599,
10 DE 198 06 536 und DE 100 24 924 zu finden. Sie weisen jedoch eine geringe Effizienz auf. Außerdem weisen sie eine relativ starke Temperaturdrift des Farborts der Emission auf.

- Als Alternative sind daher grün emittierende LEDs auf Basis von Lumineszenzkonversions-LEDs entwickelt worden. Beispiele finden sich in WO 01/89001 und EP 1
15 150 361. Aber bis jetzt ist dabei keine höhere Effizienz erzielt worden als bei direkt emittierenden LEDs. Dies liegt an den bisher dafür zur Verfügung stehenden Leuchtstoffen (BAM-Derivate und Sulfide) und deren Anregbarkeit.

- Leuchtstoffe des Typs Oxinitridosilikat sind an sich unter der Kurzformel MSiON bekannt; siehe beispielsweise „On new rare-earth doped M-Si-Al-O-N materials“, J.
20 van Krevel, TU Eindhoven 2000, ISBN 90-386-2711-4, Kap. 6. sie sind mit Tb dotiert. Emission wird erreicht bei Anregung durch 365 nm oder 254 nm.

Ein neuartiger Leuchtstoff ist aus der noch unveröffentlichten EP-PA 02 021 117.8 (Docket 2002P15736) bekannt. Er besteht aus Eu- oder Eu,Mn-koaktiviertem Oxinitridosilikat der Formel $MSi_2O_2N_2$ ($M = Ca, Sr, Ba$).

Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine grün emittierende LED gemäß dem
5 Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, deren Effizienz möglichst hoch ist. eine weitere aufgabe ist die Stabilisierung des Farborts.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Bisher gibt es keinen grün emittierenden Leuchtstoff hoher Effizienz, der gleichzeitig
10 unempfindlich gegen äußere Einflüsse ist.

Erfindungsgemäß wird ein Leuchtstoff vorgeschlagen, der ein Oxinitridosilikat der Formel $MSi_2O_2N_2$ ($M = Ca, Sr, Ba$) darstellt, das mit zweiwertigem Eu aktiviert ist, unter evtl. weiterer Zugabe von Mn als Koaktivator, wobei der Leuchtstoff überwiegend oder allein, also mit mehr als 50 % des Leuchtstoffs, aus der HT-Phase besteht. Diese HT-Modifikation zeichnet sich dadurch aus, dass sie breitbandig anregbar aus, nämlich in einem weiten Bereich von 200 bis 480 nm, dass sie eine extrem hohe Stabilität gegen äußere Einflüsse besitzt, also bei 150°C keine messbare Degradation zeigt, und dass sie eine extrem gute Farbortstabilität unter wechselnden Bedingungen zeigt (zwischen 20 und 100 °C nur geringe Drift nachweisbar). Dieser
15 Leuchtstoff wird im folgenden oft Sr-Sion:Eu genannt.
20

Bei der Herstellung des neuartigen Leuchtstoffs kommt es vor allem auf eine hohe Temperatur an, der Synthesebereich liegt bei 1300 bis 1600 °C. ein anderer bestimmender Faktor ist die Reaktivität der Ausgangskomponenten. Diese sollte möglichst hoch sein.

25 Insbesondere kann dieser Leuchtstoff von einer LED, vor allem vom Typ InGaN, effizient angeregt werden.

Der aus EP-PA 02 021 117.8 bekannte Leuchtstoff $MSi_2O_2N_2:Eu$ ($M = Ca, Sr, Ba$) ist im Falle der Sr-dominierten Ausführungsform mit $M = Sr$ oder $M =$

$\text{Sr}_{(1-x-y)}\text{Ba}_y\text{Ca}_x$ mit $x+y < 0,5$, im folgenden Sr-Sion genannt, schwer beherrschbar. Obwohl einzelne Versuche hervorragende Ergebnisse liefern, fehlt bislang eine Richtschnur, um zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Hinzu kommt eine gewisse Neigung, bei hoher Temperaturbelastung die Effizienz zu verringern und den Farbort zu variieren.

Überraschenderweise hat sich nun gezeigt, dass sich die beiden Phasen in ihrer Eignung als Leuchtstoff grundlegend unterscheiden. Während die NT-Phase als Eu-dotierter Leuchtstoff praktisch nicht zu gebrauchen ist, und nur schwach orange-rot emittiert, zeigt die HT-Phase eine hervorragende Eignung als Leuchtstoff, der grün emittiert. Im Normalfall liegt eine Mischung vor, die breitbandig beide Emissionen erkennen lässt. Entscheidend ist daher, die HT-Phase möglichst rein, mit mindestens 50 % Anteil, bevorzugt mindestens 70 %, besonders bevorzugt mindestens 85% Anteil herzustellen.

Dafür ist ein Glühprozess erforderlich, der bei mindestens 1300 °C, aber nicht mehr als 1600 °C durchgeführt wird. Bevorzugt ist ein Temperaturbereich von etwa 1450 bis 1580 °C, da bei geringerer Temperatur zunehmend NT-Phase entsteht und bei höherer Temperatur der Leuchtstoff zunehmend schlechter verarbeitbar ist, und ab etwa 1600 °C als hart gesinterte Keramik oder Schmelze vorliegt. Der optimale Temperaturbereich hängt von der genauen Zusammensetzung und den Eigenschaften der Ausgangsmaterialien ab.

Besonders wichtig für das Herstellen eines effizienten Leuchtstoffs des Typs Sr-Sion ist ein Ansatz der Ausgangsprodukte, der im wesentlichen stöchiometrisch ist unter Verwendung der Grundkomponenten SiO_2 , SrCO_3 sowie Si_3N_4 . Sr steht hier stellvertretend für M. Die Abweichung sollte insbesondere 10 %, bevorzugt 5 %, des idealen stöchiometrischen Ansatzes nicht überschreiten, wobei dabei auch die etwaige Zugabe eines Schmelzmittels, wie es oft üblich ist, eingeschlossen ist. Besonders bevorzugt ist eine maximale Abweichung von 1 %. Hinzu kommt ein Europium-Beitrag für die Dotierung, der beispielsweise als Oxid Eu_2O_3 realisiert wird. Diese Erkenntnis steht im Gegensatz zu der bisherigen Vorgehensweise, die Grundkomponente SiO_2 deutlich unterstöchiometrisch zuzugeben. Besonders überraschend ist diese Erkenntnis auch deswegen, weil andere als Leuchtstoff empfohlene Sione wie Ba-Sion gemäß der Lehre von EP-PA 02 021 117.8 gerade im SiO_2 -Unterschuss hergestellt werden sollen.

Ein entsprechender Ansatz für das Sr-Sion $\text{MSi}_2\text{O}_2\text{N}_2$ verwendet daher 11 bis 13 Gew.-% SiO_2 , 27 bis 29 Gew.-% Si_3N_4 , Rest SrCO_3 . Ba- und Ca- Anteile an M werden entsprechend als Carbonat zugesetzt. Europium wird entsprechend der gewünschten Dotierung, beispielsweise als Oxid oder Fluorid, als Ersatz für SrCO_3 zugesetzt. Der Ansatz $\text{MSi}_2\text{O}_2\text{N}_2$ meint dabei auch etwaige Abweichungen von der exakten Stöchiometrie, soweit sie hinsichtlich der Ladungserhaltung ausgeglichen sind.

Als besonders günstig hat sich erwiesen, dass die Ausgangskomponenten des Wirtsgitters, insbesondere Si_3N_4 , möglichst hohe Reinheit besitzen. Besonders bevorzugt ist daher Si_3N_4 , das aus der flüssigen Phase, ausgehend beispielsweise von Siliziumtetrachlorid, synthetisiert ist. Als kritisch hat sich insbesondere die Verunreinigung mit Wolfram, Kobalt, Aluminium und Calcium erwiesen. Hier sollte die Verunreinigung jeweils kleiner 100 ppm, insbesondere kleiner 50 ppm, sein. des weiteren ist eine möglichst hohe Reaktivität vorteilhaft, sie lässt sich durch die reaktive Oberfläche (BET) quantifizieren. Diese sollte mindestens $6 \text{ m}^2/\text{g}$ betragen, vorteilhaft mindestens $8 \text{ m}^2/\text{g}$.

Bei Abweichung von der oben angegebenen Verfahrensführung in bezug auf Stöchiometrie und Temperatur entstehen als unerwünschte Fremdphasen in zunehmendem Maße Nitridosilikate MxSi_yN_z wie etwa $\text{M}_2\text{Si}_5\text{N}_8$, wenn die SiO_2 -Zugabe zu niedrig angesetzt wird, so dass ein Stickstoffüberschuss entsteht. Obwohl diese Verbindung an sich ein bemerkenswerter Leuchtstoff ist, ist sie in Zusammenhang mit der Synthese des Sr-Sions genauso wie andere Nitridosilikate äußerst störend, weil diese Fremdphasen die grüne Strahlung des Sr-Sions absorbieren und evtl. in die bekannte rote Strahlung der Nitridosilikate umwandeln. Umgekehrt entstehen bei zu hoher SiO_2 -Zugabe Sr-Silikate wie beispielsweise Sr_2SiO_4 weil ein Sauerstoffüberschuss entsteht. Beide Fremdphasen absorbieren die nutzbare grüne Emission oder führen zumindest zu Gitterdefekten wie Leerstellen, die die Effizienz des Leuchtstoffs stark beeinträchtigen. Als Anhaltspunkt dient die Richtschnur, dass der Anteil der Fremdphasen unter 15 %, bevorzugt sogar unter 5 %, liegen soll. Dies korrespondiert im XRD-Spektrum des synthetisierten Leuchtstoffs mit der Forderung, dass beim XRD-Ablenkwinkel 2Θ im Bereich 25 bis 32° die Intensität aller Fremdphasenpeaks kleiner als $1/3$, bevorzugt kleiner als $1/4$, besonders bevorzugt kleiner als $1/5$, der Intensität des die HT-Modifikation kennzeichnenden Hauptpeaks

bei etwa $31,8^\circ$ sein soll. Dies gilt vor allem für die Fremdphasen vom Typ $Sr_xSi_yN_z$, insbesondere $Sr_2Si_5N_8$.

Im Falle einer optimierten Verfahrensführung lässt sich zuverlässig eine Quanteneffizienz von 80 bis deutlich über 90 % erzielen. Dagegen wird bei unspezifischer Verfahrensführung die Effizienz typisch im Bereich von höchstens 50 bis 60 % Quanteneffizienz liegen.

Erfindungsgemäß lässt sich somit ein Leuchtstoff herstellen, der ein Oxinitridosilikat der Formel $MSi_2O_2N_2$ ($M = Ca, Sr, Ba$) darstellt, das mit zweiwertigem Eu aktiviert ist, unter evtl. weiterer Zugabe von Mn als Koaktivator, wobei der Leuchtstoff überwiegend oder allein, also mit mehr als 50 % des Leuchtstoffs, aus der HT-Phase besteht. Diese HT-Modifikation zeichnet sich dadurch aus, dass er breitbandig anregbar aus, nämlich in einem weiten Bereich von 250 bis 480 nm, dass er eine extrem hohe Stabilität gegen äußere Einflüsse besitzt, also bei $150^\circ C$ an Luft keine messbare Degradation zeigt, dass er eine extrem gute Farbortstabilität unter wechselnden Bedingungen zeigt. Weitere Pluspunkte sind seine geringe Absorption im Roten, was besonders bei Leuchtstoffmischungen vorteilhaft ist. Dieser Leuchtstoff wird im folgenden oft Sr-Sion:Eu genannt. Ein Überwiegen der HT-Modifikation ist u.a. daran erkennbar, dass der kennzeichnende Peak der NT-Modifikation im XRD-Spektrum bei etwa $28,2^\circ$ eine Intensität von weniger als 1:1, bevorzugt weniger als 1:2, im Vergleich zum Peak mit höchster Intensität aus der Dreiergruppe der Reflexe der HT-Modifikation, die im XRD-Spektrum bei 25 bis 27° liegen, aufweist. Die hier aufgeführten XRD-Spektren beziehen sich jeweils auf eine Anregung durch die bekannte Cu- K_α Linie.

Bei gleicher Aktivatorkonzentration zeigt dieser Leuchtstoff ein anderes Emissionsverhalten als die NT-Variante gleicher Stöchiometrie. Die Halbwertsbreite der HT-Variante ist im Falle der optimierten HT-Variante wesentlich geringer als bei der Fremdphasen- und defekthaltigen bzw. hochfremdphasenhaltigen Mischung und liegt im Bereich 70 bis 80 nm, während die Fremdphasen bzw. defekthaltige Probe bei etwa 110 bis 120 nm liegt. Die dominante Wellenlänge ist bei der HT-Modifikation generell kürzer, typisch 10 bis 20 nm, als bei der deutlich Fremdphasenhaltigen-Variante. Hinzu kommt, dass die Effizienz hochreiner HT Modifikation typisch um mindestens 20 % höher, teilweise deutlich noch höher, als bei der NT-dominierten oder hoch fremdphasenhaltigen Mischung liegt.

Ein kennzeichnendes Merkmal eines ausreichend geringen Anteils der NT-Modifikation und Fremdphasen ist eine Halbwertsbreite (FWHM) der Emission von weniger als 90 nm. Denn je geringer der Anteil an Fremdphasen, desto geringer ist der Anteil der spezifischen –orange-roten Emission der Fremdphasenreichen-
5 Modifikation. Insbesondere der Nitridosilikat-Fremdphasen Sr-Si-N-Eu insbesondere $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8\text{:Eu}$.

Hilfreich sind neben der verringerten Halbwertsbreite die oben angegebenen typischen Reflexe im XRD-Spektrum, die die andere Kristallstruktur verdeutlichen.

Der vorherrschende Peak im XRD-Spektrum der HT-Modifikation ist der Peak bei
10 etwa 31.7° . weitere prominente Peaks sind die drei Peaks etwa gleicher Intensität zwischen 25 und 27° ($25,3$ und $26,0$ und $26,3^\circ$), wobei der Peak mit kleinster Ablenkung der intensivste ist. ein weiterer intensiver Peak ist $12,6^\circ$.

Dieser Leuchtstoff ist vor allem grün emittierend mit einer Dominanzwellenlänge im Bereich 555 bis 565 nm.

15 Auch eine geringfügige Beimengung von AlO statt SiN ist möglich (bis maximal 30 % des SiN-Anteils).

Beide Phasen des Sr-Sion:Eu können analog zu den zwei strukturell unterschiedlichen Wirtsgittermodifikationen kristallisieren und jeweils über die Ansatzstöchiometrie $\text{SrSi}_2\text{O}_2\text{N}_2\text{:Eu}$ hergestellt werden. Geringe Abweichungen von dieser Stöchiometrie sind möglich. Die mit Eu dotierten Wirtsgitter lumineszieren. überraschenderweise beide bei Anregung im Blauen oder UV, allerdings je nach Wirtsgittermodifikation mit anderer Emissionsfarbe. Die NT-Modifikation zeigt eine orange-farbene Emission, die HT-Modifikation eine grüne Emission bei etwa $\lambda_{\text{dom}} = 560$ nm mit prinzipiell deutlich höherer Effizienz. Je nach Dotiergehalt und Dotiermaterial
20 (Eu oder Eu, Mn) sowie den relativen Anteilen der HT- und NT-Modifikation lässt sich eine gewünschte Eigenschaft des Leuchtstoffs genau einstellen.
25

Ein Vorzug der HT-Phase ist die über einen sehr weiten Spektralbereich gleichmäßig gute Anregbarkeit bei nur wenig variierender Quanteneffizienz.

Außerdem hängt die Lumineszenz der HT-Modifikation in einem weiten Temperaturbereich nur schwach von der Temperatur ab. Damit ist erstmals ein grün emittie-
30

render Leuchtstoff für LED-Anwendungen gefunden, der ohne besondere Maßnahmen zur Stabilisierung auskommt. Dies zeichnet ihn besonders gegen den bisher als aussichtsreichsten Kandidaten für diese Aufgabe, nämlich Thiogallat-Leuchtstoffen oder Chlorosilikaten, aus.

- 5 Die Mischverbindungen mit $M = (\text{Sr}, \text{Ba})$, bevorzugt Ba-Anteil bis 10 %, stellen ebenfalls effiziente Leuchtstoffe mit einem weiten Bereich der Emissionsmaxima dar. Diese liegen meist kurzwelliger als reines Sr-Sion, bevorzugt zwischen 520 und 565 nm. Der erreichbare Farbraum lässt sich außerdem durch geringe Beigaben (bevorzugt bis 30 mol-%) an Ca und/oder Zink erweitern; dadurch werden die Emissions-
- 10 maxima eher in den langwelligeren Bereich , verglichen mit reinem Sr-Sion, verschoben, sowie durch partiellen Ersatz (bis 25 mol-%) von Si durch Ge und/oder Sn.

Eine weitere Ausführungsform ist die Teilsubstitution von M, insbesondere Sr, durch drei- oder einwertige Ionen wie La^{3+} oder Li^+ . Bevorzugt ist ein Anteil dieser Ionen von maximal 20 mol-% des M.

- 15 Überraschend ist nun mit dem Sr-Sion der HT-Phase ein Leuchtstoff gefunden, der sich exakt auf eine Peakemission der Wellenlänge 560 nm (Dominanzwellenlänge) einstellen lässt. Der Leuchtstoff wandelt das Licht einer blauen oder UV-LED mit einer Quanteneffizienz von deutlich mehr als 80 % um. Die lumenbewertete Effizienz ist vergleichbar mit der typischer weißer LEDs auf YAG:Ce-Basis. Damit ist
- 20 eine „pure green“ Konversions-LED fast eine Größenordnung effizienter als die reine Halbleitervariante.

- Als weiterer Vorteil ist anzusehen, daß die Emissionsfarbe der Lumineszenzkonversions-LED praktisch unabhängig von der Betriebstemperatur ist, damit kann die LED gut bei unterschiedlichen Außentemperaturen betriebe werden und ist farbortstabil
- 25 dimmbar.

- Die Erfindung betrifft weiterhin ein Beleuchtungssystem mit LEDs wie oben beschrieben, wobei das Beleuchtungssystem weiterhin elektronische Komponenten enthält. diese vermitteln beispielsweise die Dimmbarkeit. Eine weitere Aufgabe der Elektronik ist die Ansteuerung einzelner LEDs oder auch Gruppen von LEDs. Diese
- 30 Funktionen können durch vorbekannte elektronische Elemente realisiert sein.

Figuren

Im folgenden soll die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

- Figur 1 ein Emissionsspektrum eines ersten Oxinitridosilikats;
- Figur 2 das Reflektionsspektrum dieses Nitridosilikats;
- 5 Figur 3 ein Halbleiterbauelement, das als Lichtquelle für grünes Licht als Lumineszenzkonversions-LED dient;
- Figur 4 das Farbdigramm mit einem nutzbaren Bereich für reines Grün. als Viereck eingezeichnet.
- Figur 5 zeigt die spektrale Verteilung der Lumineszenzkonversions-LED.

Beschreibung der Zeichnungen

- 10 Ein konkretes Beispiel für den erfindungsgemäßen Leuchtstoff ist in Figur 1 gezeigt. Es handelt sich um die Emission des Leuchtstoffs $\text{SrSi}_2\text{N}_2\text{O}_2:(5\% \text{Eu}^{2+})$ in HT-Modifikation, bei dem der Eu-Anteil 5 mol-% der von Sr besetzten Gitterplätze ausmacht. Das Emissionsmaximum liegt bei 540 nm, die mittlere Wellenlänge λ_{dom} bei 558 nm. Der Farbort ist $x=0,357$; $y=0,605$. Die Anregung erfolgte hier bei 460 nm.
- 15 die FWHM ist 76 nm. Die Quanteneffizienz liegt bei etwa 90 %. Der Farbort ist $x = 0,357$, $y = 0,605$.

Figur 2 zeigt das diffuse Reflexionsspektrum dieses Leuchtstoffs. Es zeigt ein ausgeprägtes Minimum im Bereich unter 440 nm, das somit die gute Anregbarkeit in diesem Bereich demonstriert.

- 20 Der Aufbau einer Lichtquelle für weißes Licht ist in Figur 3 explizit gezeigt. Die Lichtquelle ist ein Halbleiterbauelement mit einem Chip 1 des Typs InGaN mit einer Peakemissionswellenlänge im UV von beispielsweise 405 nm, bis zu 430 nm, das in ein lichtundurchlässiges Grundgehäuse 8 im Bereich einer Ausnehmung 9 eingebettet ist. Der Chip 1 ist über einen Bonddraht 14 mit einem ersten Anschluss 3 und
- 25 direkt mit einem zweiten elektrischen Anschluss 2 verbunden. Die Ausnehmung 9 ist mit einer Vergussmasse 5 gefüllt, die als Hauptbestandteile ein Epoxidgießharz (80 bis 90 Gew.-%) und Leuchtstoffpigmente 6 (weniger als 20 Gew.-%) enthält. Die Ausnehmung hat eine Wand 17, die als Reflektor für die Primär- und Sekundärstrahlung vom Chip 1 bzw. den Pigmenten 6 dient. Die Primärstrahlung der UV-LED

wird vollständig vom Leuchtstoff in grün konvertiert. Der verwendete Leuchtstoff ist das oben beschriebene Oxinitridosilikat.

Als nutzbarer reingrüner Bereich („pure green“), der hier angestrebt ist, wird ein Bereich angesehen der im Farbdigramm in etwa durch ein Viereck mit den Ecken
5 $1:x/y = 0,22/0,595$; $2:x/y = 0,37/0,46$; $3:x/y = 0,41/0,59$ und $4:x/y = 0,225/0,755$ bestimmt ist, siehe Figur 4.

Figur 5 zeigt die spektrale Verteilung einer Lumineszenzkonversions-LED auf Basis einer UV-primär emittierenden LED mit Peak bei 405 nm.

Ansprüche

1. Grün emittierende LED, als Lumineszenzkonversions-LED ausgeführt, bestehend aus einer Primär-Strahlungsquelle, die ein Chip ist, der im UV- oder blauen emittiert, und einer davor geschalteten Schicht eines Leuchtstoffs, die die Strahlung des Chip teilweise oder vollständig in grünes Licht der Wellenlänge 550 bis 570 nm konver-
5 tiert, dadurch gekennzeichnet, dass der Leuchtstoff aus der Klasse der Oxinitridosi-
likate besteht, mit einem Kation M und der grundsätzlichen Formel $M_{(1-c)}Si_2O_2N_2:D_c$,
wobei M als Bestandteil Sr umfasst und wobei D mit zweiwertigem Europium dotiert
ist, wobei $M = Sr$ oder $M = Sr_{(1-x-y)}Ba_yCa_x$ mit $0 \leq x+y < 0,5$ verwendet wird, wobei
das Oxinitridosilikat vollständig oder überwiegend aus der hochtemperaturstabilen
Modifikation HT besteht.
10
2. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des Eu zwischen
0,1 und 20 mol-% von M ausmacht.
3. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil von M, insbesondere
bis zu 30 mol-%, durch Ba u/o Ca u/o Zn ersetzt ist.
- 15 4. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil von M, insbesondere
bis zu 30 mol-%, durch Li u/o La ersetzt ist.
5. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil von SiN, insbesonde-
re bis zu 30 mol-%, durch AlO ersetzt ist.
6. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil von Eu, insbesondere
bis zu 30 mol-%, durch Mn ersetzt ist.
20
7. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die primäre Emission im Be-
reich 380 bis 430 nm liegt.
8. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Emissionswellenlänge als
dominante Peakwellenlänge im Bereich 556 bis 564 nm emittiert.
- 25 9. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die primäre Strahlung voll-
ständig konvertiert wird.

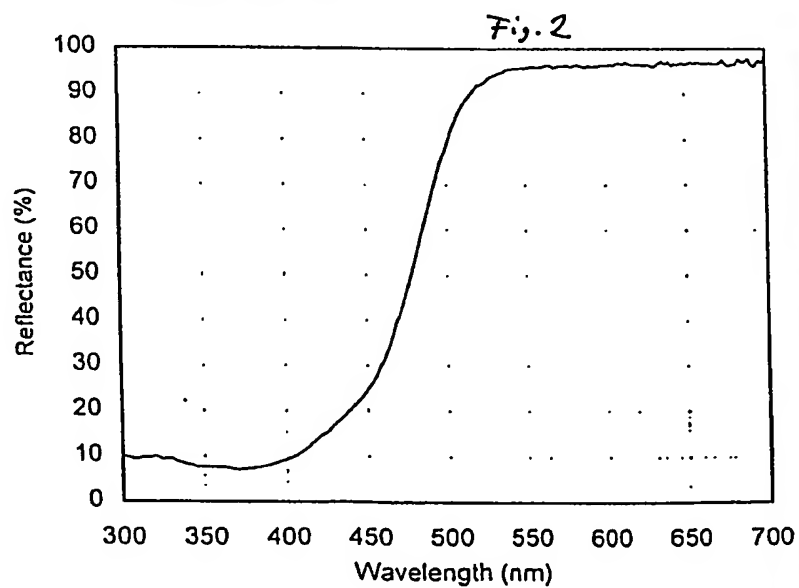
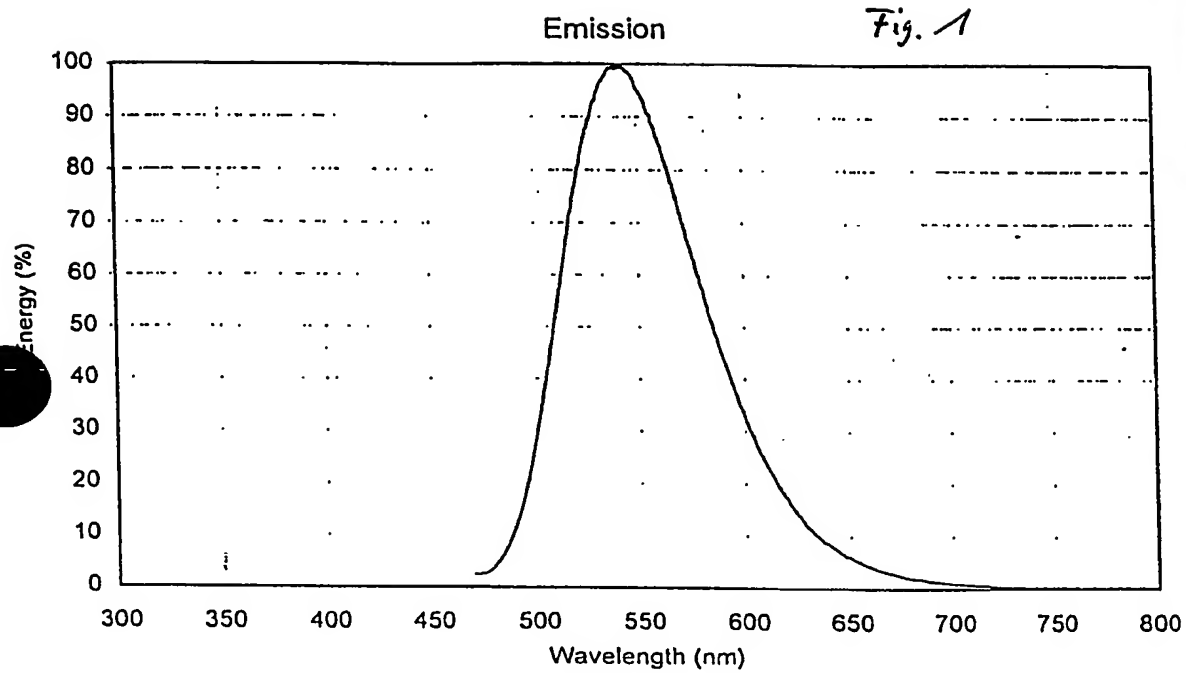
10. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Chip ein InGaN-Chip mit einer Peakemissionswellenlänge von 430 bis 465 nm ist.
 11. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die LED dimmbar ist.
 12. LED nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der primären Strahlung nicht konvertiert wird und mit der Emission des Leuchtstoffs zu grün kombiniert.
- 5

Zusammenfassung

Grün emittierende LED

Leuchtstoff aus der Klasse der Oxinitridosilikate, mit einem Kation M, das mit zweiwertigem Europium dotiert ist, und mit der grundsätzlichen Formel $M_{(1-c)}Si_2O_2N_2:D_c$, wobei $M = Sr$, oder $M = Sr_{(1-x-y)}Ba_yCa_x$ mit $x+y < 0,5$ verwendet wird, wobei das Oxinitridosilikat vollständig oder überwiegend aus der hochtemperaturstabilen Modifikation HT besteht.

Fig. 1



Normfarbtafel nach DIN 5033 (Mittelpunktsvalenz E)

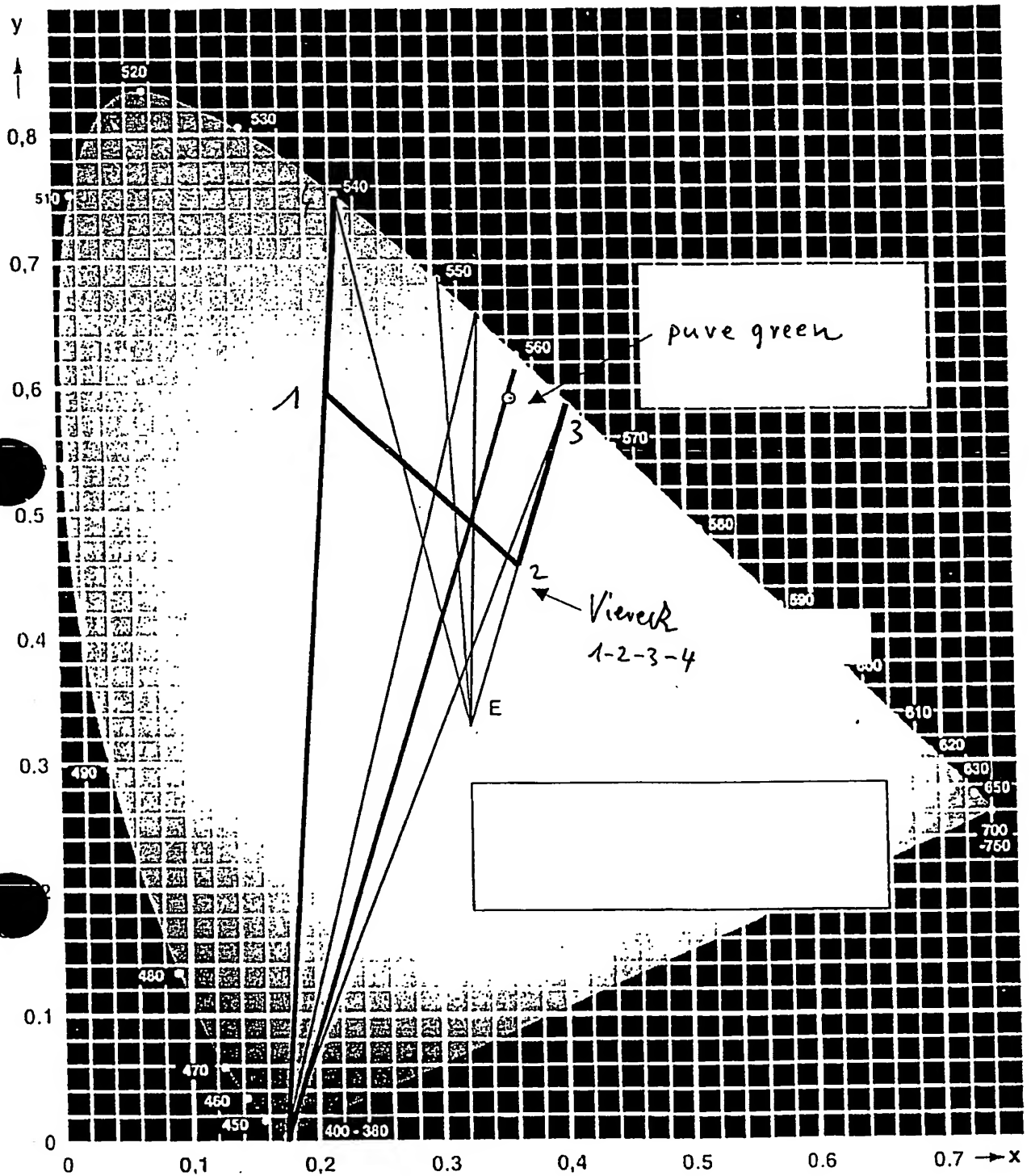


Fig. 4

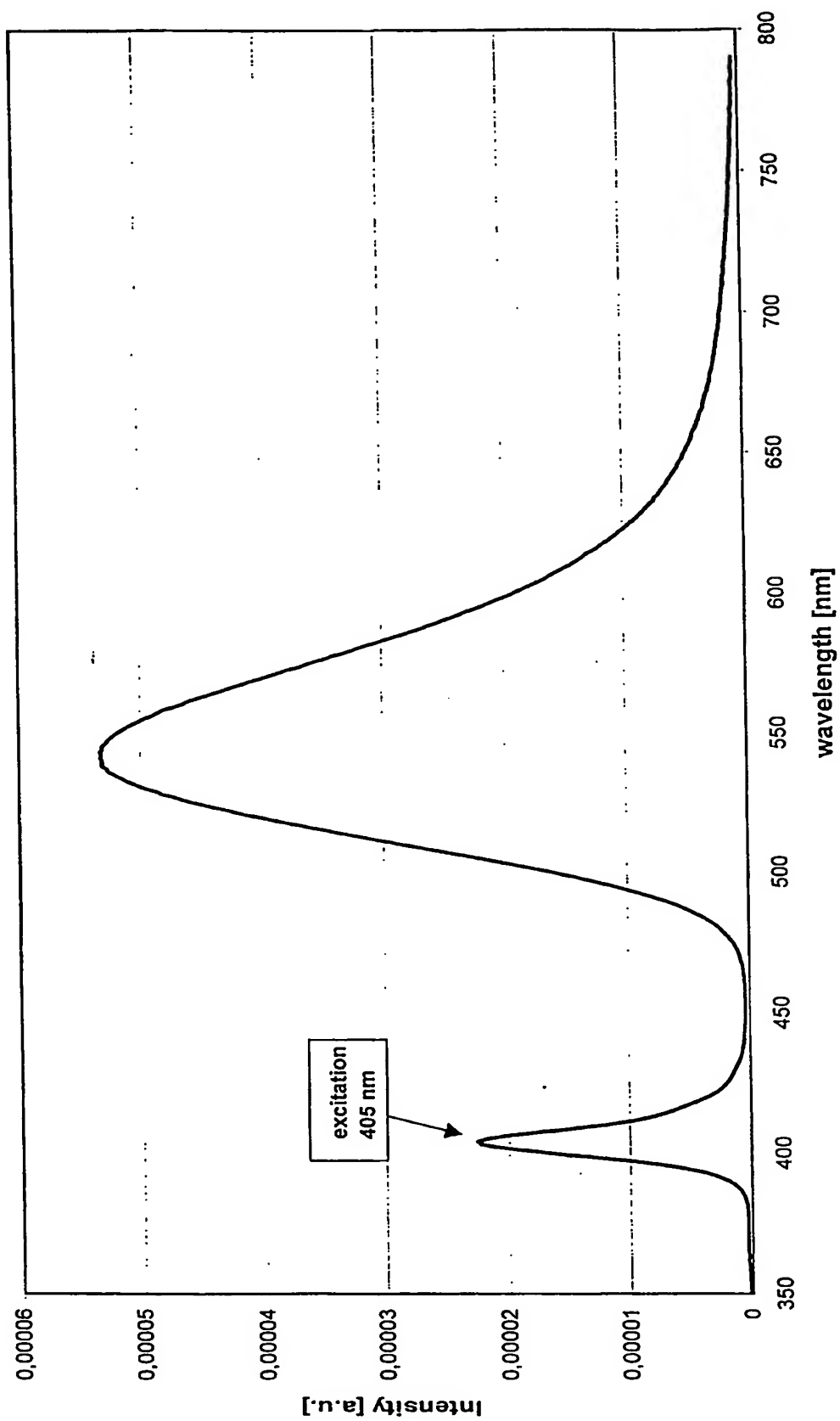


Fig. 5